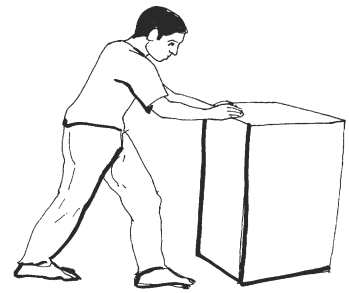
দশম অধ্যায়
এসো বলকে জানি

আমরা প্রায় প্রতি মুহূর্তে কোনো কিছুকে টানছি বা ঠেলছি। কোনো বস্তুর গতির অবস্থার পরিবর্তন ঘটাতে চাইলেই আমরা টানি বা ঠেলি অর্থাৎ বল প্রয়োগ করি। বল প্রয়োগ করে স্থির বস্তুকে গতিশীল করা যায় আবার গতিশীল বস্তুর গতি পরিবর্তন করা যায়, এর গতি থামিয়ে দেওয়া যায়। এ অধ্যায়ে আমরা জড়তা, বল, স্থিতি ও গতির উপর বলের প্রভাব, নিউটনের প্রথম সূত্র, বলের প্রকৃতি, বলের পরিমাপ, নিউটনের দ্বিতীয় সূত্র,বলের ক্রিয়া–প্রতিক্রিয়া এবং নিউটনের তৃতীয় সূত্র সম্পর্কে আলোচনা করব।



বলের ক্রিয়া–প্রতিক্রিয়া

এই অধ্যায় পাঠ শেষে আমরা–

- বস্তুর জড়তা এবং বলের গুণগত ধারণা নিউটনের গতির প্রথম সূত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা করতে পারব।
- জড়তার ব্যবহারিক অভিজ্ঞতা ব্যাখ্যা করতে পারব।
- বিভিন্ন প্রকার বলের প্রকৃতি ব্যাখ্যা করতে পারব।
- ব্যবহারিক জীবনে ঘর্ষণের সুবিধা বর্ণনা করতে পারব।
- স্থিতি ও গতির ওপর বলের প্রভাব ব্যাখ্যা করতে পারব।
- নিউটনের দ্বিতীয় সূত্র ব্যবহার করে বলের পরিমাপ করতে পারব।
- সহজ পরীক্ষণের সাহায্যে বল পরিমাপ করতে পারব।
- নিউটনের তৃতীয় সূত্রের সাহায্যে সংগঠিত কয়েকটি জনপ্রিয় ঘটনা ব্যাখ্যা করতে পারব।
- আমাদের জীবনে বলের প্রয়োজনীয়তা উপলব্ধি করতে পারব।

ধাক্কা ও টানা : বল

তোমার কোনো বন্ধু যদি তোমার গায়ে হাত দিয়ে দূরে সরাতে চায় তুমি বলবে সে তোমাকে ঠেলছে বা ধাক্কা দিচ্ছে। কোনো কিছুকে দূরে সরাতে চাইলে আমরা ঠেলি বা ধাক্কা দিই। কোনো কিছুকে কাছে আনতে চাইলে আমরা তাকে টানি। কোন বস্তুর উপর অন্য বস্তুর ধাক্কা বা টানাই হচ্ছে বল। যখনই আমরা কোনো কিছুকে ঠেলি বা টানি, উঠাই বা বাঁকাই, মোচড়াই বা ছিঁড়ি, প্রসারিত বা সংকুচিত করি, আমরা আসলে বল প্রয়োগ করি। বিজ্ঞানী নিউটন বল, ভর, জড়তা ও গতির মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন করে তিনটি সূত্র প্রকাশ করেন। এই তিনটি সূত্র নিউটনের গতিবিষয়ক সূত্র নামে পরিচিত। নিউটনের প্রথম সূত্র থেকে বস্তুর জড়তা ও বল সম্পর্কে ধারণা পাই। এই প্রসঙ্গে নিউটনের প্রথম সূত্র হলো: **বাহ্যিক কোনো বল প্রয়োগ না করলে স্থির বস্তু স্থিরই থাকবে এবং গতিশীল বস্তু সুষম দ্রুতিতে সরলপথে চলতে থাকবে।**

জড়তা

হাঁটতে গেলে অনেক সময় আমরা দরজার চৌকাঠে, উঁচু–নিচু রাস্তায় বা রাস্তার ওপর পড়ে থাকা কোনো কিছুতে হোঁচট খাই। ফুটবল খেলার ক্ষেত্রে অনেক সময় ফাউল করলে খেলোয়াড়কে হুমড়ি খেয়ে পড়তে হয়। এ সবই ঘটে জড়তার কারণে। জড়তা কী?

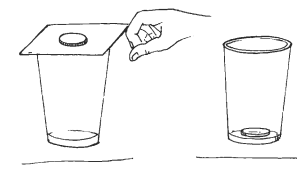
আমরা আমাদের দৈনন্দিন অভিজ্ঞতা থেকে দেখি প্রত্যেক বস্তু যে অবস্থায় আছে সে অবস্থায় থাকতে চায়। বস্তু স্থির থাকলে স্থির থাকতে চায় আর গতিশীল থাকলে গতিশীল থাকতে চায়। নিউটনের প্রথম সূত্র থেকে আমরা জানি, বস্তুর স্থিতিশীল বা গতিশীল অবস্থার পরিবর্তন ঘটাতে হলে বল প্রয়োগ করতে হবে। **বস্তু যে অবস্থায় আছে চিরকাল সেই অবস্থায় থাকতে চাওয়ার যে প্রবণতা বা সেই অবস্থা বজায় রাখতে চাওয়ার যে ধর্ম, তাই জড়তা।**

সকল বস্তুর জড়তা থাকে। স্থিতিশীল বস্তুর চিরকাল স্থির থাকতে চাওয়ার যে প্রবণতা বা স্থিতি বজায় রাখতে চাওয়ার যে ধর্ম, তাকে স্থিতি জড়তা এবং গতিশীল বস্তুর চিরকাল সমবেগে গতিশীল থাকতে চাওয়ার যে প্রবণতা বা ধর্ম তাকে গতি জড়তা বলা হয়।

জড়তার ব্যবহারিক অভিজ্ঞতা

থেমে থাকা বাস হঠাৎ চলতে শুরু করলে বাসযাত্রী পিছনের দিকে হেলে পড়েন জড়তার কারণে। বাস যখন থেমে থাকে তখন যাত্রীর শরীরও স্থির থাকে। কিন্তু হঠাৎ বাস চলতে শুরু করলে যাত্রীদের শরীরের বাসসংলগ্ন অংশ গতিশীল হয় কিন্তু শরীরের উপরের অংশ জড়তার জন্য স্থির থাকে এবং পিছনে হেলে পড়ে। একই কারণে চলন্ত বাস থেকে হঠাৎ নামতে গেলে দুর্ঘটনা ঘটে।

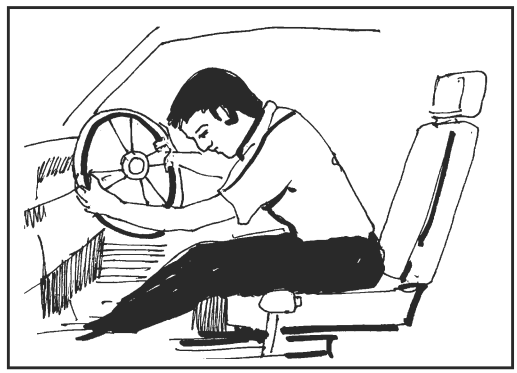
কাজ–১০.১ : একটি গ্লাসের উপর একটি কার্ড বা শক্ত কাগজ রেখে তার উপর একটা পাঁচ টাকার কয়েন রাখ। (চিত্র ১০.১)। হঠাৎ কার্ডটিকে জোরে টোকা দাও। কী দেখলে?



চিত্র–১০.১

কয়েনটি গ্লাসের মধ্যে পড়ে গেল কেন? হঠাৎ জোরে টোকা দেওয়ার জন্য কার্ডটি সরে গেল, কিন্তু জড়তার কারণে কয়েনটি তার নিজস্ব স্থির অবস্থান বজায় রাখতে চাওয়ার জন্য গ্লাসের মধ্যে পড়ে গেল।

গাড়ি চালানোর সময় চালককে জড়তার কারণে সিটবেল্ট পরিধান করতে হয়। সিটবেল্ট ছাড়া চলমান গাড়ির চালক যদি হঠাৎ ব্রেক প্রয়োগ করেন, তবে জড়তার কারণে তিনি সামনে ঝুঁকে পড়বেন এবং স্টিয়ারিং ও উইন্ড স্ক্রিনে আঘাত পাবেন (চিত্র : ১০.২)। চিত্র ১০.৩ থেকে দেখা যাচ্ছে সিট বেল্ট চালককে উইন্ড স্ক্রিনে আঘাত পাওয়া থেকে রক্ষা করছে।



চিত্র–১০.২

চিত্র–১০.৩

আমরা বড় বড় শহরের ট্রাফিক সিগন্যালবাতির ক্ষেত্রে জানি সবুজ বাতি সামনে এগিয়ে যাওয়ার অনুমতি নির্দেশ করে আর লাল বাতি থামা নির্দেশ করে। আমরা দেখতে পাই সবুজ বাতির পর সরাসরি লাল বাতি না জ্বলে হলুদ বাতি জ্বলে। এর কারণ সবুজ বাতির পর লাল বাতি জ্বলে উঠলে দ্রুতগামী গাড়িকে থামার জন্য হার্ড ব্রেক ধরতে হতো এবং এতে জড়তার কারণে চালক এবং আরোহীদের আহত হওয়ার আশঙ্কা থাকত। হলুদ বাতি দেখে চালক ধীরে ধীরে থামার প্রস্তুতি নিতে পারেন।

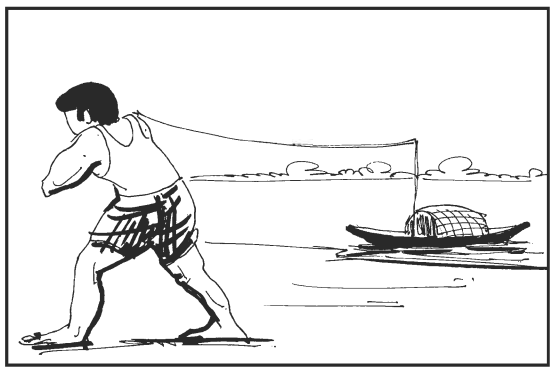
কোনো বস্তুর গতির দিক পরিবর্তনের ক্ষেত্রেও আমরা জড়তার প্রভাব অনুভব করি। যদি কোনো বাস বা গাড়ি হঠাৎ বাঁক নেয় তাহলে মনে হয় আরোহীদের কেউ একপাশে ধাক্কা দিচ্ছে। এর কারণ বাস বা গাড়ির গতির দিকে আরোহীও গতিশীল ছিলেন, বাস বা গাড়ি হঠাৎ দিক পরিবর্তন করলেও জড়তার কারণে আরোহীর মূল দিক বজায় রাখতে চাওয়ার ফলে এক পাশে সরে যান।

নিউটনের প্রথম সূত্র থেকে বলের গুণগত ধারণা

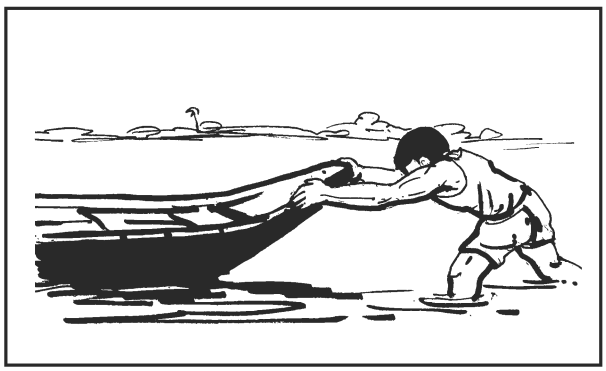
নিউটনের প্রথম সূত্র থেকে আমরা জানি যে, কোনো বস্তুই নিজের থেকে এর অবস্থান পরিবর্তন করতে চায় না। বস্তু স্থির থাকলে স্থির থাকতে চায়, গতিশীল থাকলে গতিশীল থাকতে চায়। বস্তুর অবস্থান পরিবর্তনের জন্য বাইরে থেকে কিছু একটা প্রয়োগ করতে হয়। যা বস্তুর অবস্থান পরিবর্তন করে বা করতে চায়, তাকেই বল বলা হয়। তাই নিউটনের প্রথম সূত্র থেকে আমরা বলের গুণগত সংজ্ঞা পাই। নিউটনের প্রথম সূত্র অনুসারে– **যা স্থির বস্তুর উপর ক্রিয়া করে তাকে গতিশীল করে বা করতে চায় বা যা গতিশীল বস্তুর উপর ক্রিয়া করে তার গতির পরিবর্তন করে বা করতে চায়, তাকে বল বলে।**

নিচের ঘটনাটি থেকে বলের ধারণা আরও সুস্পষ্ট হবে।

চিত্র ১০.৪ এবং ১০.৫–এ একটি ছেলেকে একটি নৌকা টানতে এবং ঠেলতে দেখা যাচ্ছে। তুমি কি মনে কর উভয় ক্ষেত্রেই নৌকাটি গতিশীল হবে? আসলে এটা নির্ভর করবে ছেলেটি কতটা সবল তার উপর। যদি ছেলেটি যথেষ্ট সবল হয়, তবে নৌকাটি গতিশীল হবে। আর যদি ছেলেটি যথেষ্ট সবল না হয়, তাহলে নৌকাটি কেবল গতিশীল হতে চেষ্টা করবে, সেটি স্থিরই থাকবে। একইভাবে কোনো গতিশীল বস্তুকে তুমি কেবল থামাতে পারবে যদি তুমি থামাবার মতো যথেষ্ট বল প্রয়োগ করতে পার। যদি তুমি না পার, তবে কেবল থামাতে সচেষ্ট হবে। সুতরাং আমরা বলতে পারি : যা স্থির বস্তুর উপর ক্রিয়া করে তাকে গতিশীল করে বা করতে চায় অথবা গতিশীল বস্তুর উপর ক্রিয়া করে তার গতির পরিবর্তন করে বা করতে চায় তাকে বল বলে।



চিত্র–১০.৪



চিত্র–১০.৫

কাজ–১০.২ : বিভিন্ন বস্তুর ওপর যেমন একটি ফুটবল বা টেনিস বল, একটি স্প্রিং, প্লাস্টিকের কৌটা, রাবার ব্যান্ড ইত্যাদি নিয়ে ঠেলা বা টানা বল প্রয়োগ কর। কী লক্ষ করলে? বল কী কী করতে পারে তার একটি তালিকা তৈরি কর।

বলের প্রভাব

বল নিচের ঘটনাগুলো ঘটাতে পারে :

১. বল একটি স্থির বস্তুকে গতিশীল এবং গতিশীল বস্তুকে স্থির করতে পারে।

২. বল একটি বস্তুর গতির দিক পরিবর্তন করতে পারে।

৩. বল একটি গতিশীল বস্তুর বেগ হ্রাস বা বৃদ্ধি করতে পারে।

৪. বল একটি বস্তুর আকৃতি পরিবর্তন করতে পারে।

বলের প্রকৃতি

স্পর্শ বল : কোনো কোনো বল বস্তুর সরাসরি বা ভৌত সংস্পর্শে এসে বস্তুর উপর ক্রিয়া করে। মনে কর, তুমি যদি এক বালতি পানি বহন করতে চাও তাহলে তোমাকে বালতির হাতল ধরে বল প্রয়োগ করতে হবে। তুমি যদি তোমার স্কুল ব্যাগ উঠাতে চাও তাহলে তোমাকে এর হাতলে ধরতে হবে এবং বল প্রয়োগ করতে হবে। এগুলো পেশিজ বল। **যে বল কেবল দুটি বস্তুর ভৌত সংস্পর্শে এসে পরস্পরের উপর ক্রিয়া করে তাকে স্পর্শ বল বলে।** এ ধরনের বল হলো পেশিজ বল ও ঘর্ষণ বল। এখানে আমরা ঘর্ষণ বল নিয়ে বিস্তারিত আলোচনা করব।

ঘর্ষণ বল : দুটি বস্তু পরস্পরের সংস্পর্শে থেকে যদি একে অপরের ওপর দিয়ে চলতে চেষ্টা করে অথবা চলতে থাকে তাহলে বস্তুদ্বয়ের স্পর্শতলে এ গতির বিরুদ্ধে একটা বাধার উৎপত্তি হয়, এ বাধাকে ঘর্ষণ বলে। আর এ বাধার ফলে যে বল উৎপন্ন হয় তাকে ঘর্ষণ বল বলে। ঘর্ষণ হচ্ছে অতি সাধারণ একটি বল। যখন কোনো বস্তু অন্য বস্তুর ওপর দিয়ে চলতে চেষ্টা করে, তখন ঘর্ষণ বস্তুটিকে থামিয়ে দিতে চেষ্টা করে। ঘর্ষণ সর্বদা গতিকে বাধা দেয়।

কাজ ১০.৩: একই পরিমাণ বল দিয়ে একটি মার্বেলকে পাকা ঘরের মেঝেতে গড়িয়ে দাও। দেখ কতটুকু দূরত্ব পর্যন্ত গেল। এবার মার্বেলটি সমপরিমাণ বল দিয়ে রাস্তায় গড়িয়ে দাও, দেখ কী পরিমাণ দূরত্ব গেল। কোন ক্ষেত্রে মার্বেলটি বেশি দূরত্ব অতিক্রম করেছে?

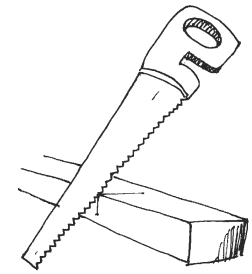
এই কাজটি থেকে দেখা যায় যে পৃষ্ঠ যত বেশি মসৃণ, ঘর্ষণ তত কম। তাই মসৃণ তলে মার্বেলটি অমসৃণ তলের চেয়ে বেশি দূর পর্যন্ত গিয়েছে। ঘর্ষণ বল শুধু চলমান বস্তুকেই থামিয়ে দেয় না, স্থির বস্তুকেও গতিশীল হতে বাধা দেয়। কোনো অমসৃণ বা খসখসে পৃষ্ঠে কোনো পাথরকে গতিশীল করা তাই কষ্টকর। ঘর্ষণ বল দুটি বিষয়ের উপর নির্ভর করে। এরা হলো–

১. বস্তুর ভর : বস্তুর ভর বেশি হলে ঘর্ষণ বল বেশি উৎপন্ন হবে।

২. পৃষ্ঠের প্রকৃতি: পৃষ্ঠ অমসৃণ, খসখসে বা এবড়ো থেবড়ো হলে ঘর্ষণ বল বেশি উৎপন্ন হবে।

প্রত্যেক তলে কিছু উঁচু–নিচু খাঁজ থাকে যা আমরা খালি চোখে দেখতে পাই না। কোনো বস্তু যখন অপর বস্তুর ওপর দিয়ে টেনে বা ঠেলে নেয়া হয়, তখন এদের তলের এ উঁচু–নিচু খাঁজ করাতের দাঁতের মতো একে অপরের সাথে আটকে যায়, ফলে একটি তলের ওপর দিয়ে অপর তলের গতি বাধাপ্রাপ্ত হয়। এ উঁচু–নিচু খাঁজ যত বেশি হবে অর্থাৎ তল যত বেশি অমসৃণ হবে, এক তলের ওপর দিয়ে অপর তলের গতি তত বেশি বাধা পাবে, সুতরাং ঘর্ষণ বল তত বেশি হবে।

ঘর্ষণের সুবিধা ও অসুবিধা : আমাদের দৈনন্দিন জীবনে ঘর্ষণ অত্যন্ত প্রয়োজনীয়। ঘর্ষণ না থাকলে আমরা হাঁটতে পারতাম না, পিছলে যেতাম। কাঠে পেরেক বা স্ক্রু আটকে থাকত না, সম্ভব হতো না দড়িতে কোনো গিরো দেওয়া। ঘর্ষণ আছে বলেই আমরা হাত দিয়ে খাতা, কলম, বইসহ যাবতীয় জিনিস ধরতে পারি। গাড়ি বা সাইকেলের টায়ার ও ব্রেকের ঘর্ষণের ওপর আমাদের জীবন নির্ভরশীল। বাতাসের ঘর্ষণ আছে বলেই প্যারাসুট ব্যবহার করে কেউ বিমান থেকে নিরাপদে নামতে পারে। পৃথিবীর বায়ুমন্ডলে প্রবেশকালে উল্কা বায়ুর সাথে ঘর্ষণের ফলে উৎপন্ন তাপে পুড়ে ছাই হয়ে যায়।



চিত্র–১০.৬ করাত ও কাঠ

ঘর্ষণের জন্য আমাদের অসুবিধাও কম পোহাতে হয় না। যন্ত্রপাতির যে সকল অংশ পরস্পরের সাথে ঘষা খায় সেগুলো ঘর্ষণের ফলে ক্ষয়প্রাপ্ত হয়। সময়ের সাথে সাইকেল, রিক্সা ও গাড়ির টায়ার ক্ষয়প্রাপ্ত হয়। পেন্সিল দিয়ে লিখতে থাকলে এর মাথা ভোঁতা হয়ে যায়। তুমি কি নতুন জুতো ও পুরাতন জুতোর সোলের পার্থক্য লক্ষ করেছ? ঘর্ষণের ফলে জুতোর সোল ক্ষয়ে যায়। যন্ত্রের দক্ষতা হ্রাস পায় আবার ঘর্ষণের ফলে অনাবশ্যক তাপ উৎপন্ন হয়, এতেও যন্ত্রের ক্ষতি হয়।

ঘর্ষণকে সীমিতকরণ: আমাদের কাজ–কর্ম ও জীবনযাপন সহজ করার জন্য কখনো ঘর্ষণকে কমাতে হয় আবার কখনো ঘর্ষণকে বাড়াতে হয়। বিভিন্ন প্রয়োজনে তাই ঘর্ষণকে সীমিত করার দরকার হয়। কোনো তলকে খুব মসৃণ করে ঘর্ষণকে কমানো যেতে পারে। অনেক স্কুলে বা পার্কে শিশুদের খেলার জন্য স্লাইড থাকে। এটাকে খুব মসৃণ করে তৈরি করা হয়, যাতে শিশুরা সহজে পিছলে নামতে পারে। তেল বা গ্রিজ তলগুলোকে মসৃণ করে এবং ঘর্ষণকে কমিয়ে দেয়। এ কারণে যন্ত্রপাতির গতিশীল অংশগুলো তেল বা গ্রিজ দ্বারা আবৃত থাকে যা ঘর্ষণকে কমায় এবং যন্ত্রপাতিকে ক্ষয়–ক্ষতির হাত থেকে রক্ষা করে। তেল এবং গ্রিজের মতো পদার্থ যা ঘর্ষণ কমানোর জন্য ব্যবহৃত হয় তাদেরকে লুব্রিকেন্ট বলে। ঘর্ষণ কমানোর আর একটি উপায় হচ্ছে কোনো তলের ওপর দিয়ে একটি বস্তুকে পিছলিয়ে নেওয়ার চেয়ে গড়িয়ে নেওয়া।

তুমি নিশ্চয় লক্ষ করেছ, কোনো কোনো স্যুটকেসে চাকা লাগানো থাকে। এই স্যুটকেসকে যদি তুমি চাকা না লাগানো অবস্থায় কোনো মেঝের উপর দিয়ে টেনে নাও আর চাকা লাগানো অবস্থায় টেনে নাও তাহলে কোনো পার্থক্য অনুভব করবে কি? তুমি নিশ্চয়ই বলবে চাকা লাগানো অবস্থায় টানা অনেক সহজ। কোনো ভারী বস্তুকে এক স্থান থেকে অন্য স্থানে স্থানান্তর সহজ করার জন্য রোলার ব্যবহার করা হয়। অনুরূপভাবে যন্ত্রপাতির গতিশীল অংশগুলোর মাঝে অনেক সময় বল বিয়ারিং বসিয়ে ঘর্ষণ কমানো হয় এবং গতি সহজ করা হয়। বল বিয়ারিং হচ্ছে স্টিলের ক্ষুদ্র বল।

তলকে অমসৃণ করে ঘর্ষণ বাড়ানো হয়। যখন কোনো দেয়াশলাইয়ের কাঠিকে দেয়াশলাইয়ের বাক্সের পাশে টানা হয়, তখন দেয়াশলাইয়ের কাঠির মাথা এবং অমসৃণ তলের মধ্যকার ঘর্ষণের ফলে দেয়াশলাইয়ের কাঠির মাথার রাসায়নিক দ্রব্যাদি জ্বলে ওঠে এবং আমরা আগুন পাই।

হাঁটার জন্য ঘর্ষণ খুবই প্রয়োজনীয়। তুমি যদি তোমার জুতোর সোল পরীক্ষা করে দেখ, তাহলে দেখতে পাবে তা ঢেউ খেলানো। জুতো ও রাস্তার মধ্যবর্তী ঘর্ষণ বাড়ানোর জন্য এরূপ করা হয়। এতে জুতো ভালোভাবে রাস্তাকে আঁকড়ে ধরে রাখতে পারে। অনুরূপভাবে, গাড়ির টায়ারে সুতো থাকে যাতে টায়ার সড়ককে ভালোভাবে আকড়ে ধরে রাখতে পারে এবং যাতে ভিজা রাস্তা থেকে গাড়ি স্কিড করে পড়ে না যায়।

যদিও ঘর্ষণ আমাদের অনেক ভোগান্তির কারণ, তবুও আমরা ঘর্ষণ ছাড়া জীবন কল্পনা করতে পারি না। তাই ঘর্ষণকে বলা হয় প্রয়োজনীয় উপদ্রব বা অপশক্তি।

অস্পর্শ বল : কিছু বল আছে যা বস্তুর ভৌত সংস্পর্শে না এসেও বস্তুর ওপর ক্রিয়া করে। এ ধরনের বলকে অস্পর্শ বল বলে। এ ধরনের বল হলো: মাধ্যাকর্ষণ বল, চৌম্বক বল, তাড়িতচৌম্বক বল, দুর্বল নিউক্লিয় বল ও শক্তিশালী নিউক্লিয় বল।

ক. মাধ্যাকর্ষণ বল : কোনো ঢিলকে উপরের দিকে ছুড়ে দিলে কী ঘটে? আম গাছ থেকে পাকা আম মাটিতে পড়ে কেন? এর কারণ, এ মহাবিশ্বের সকল বস্তু এদের ভরের দরুণ পরস্পরের ওপর বল প্রয়োগ করে বা একে অপরকে নিজের দিকে টানে। এই বলকে বলা হয় **মাধ্যাকর্ষণ বল**। এই বলের কারণেই পৃথিবী সকল বস্তুকে এর নিজের দিকে টানে। পৃথিবীর এই টানকে আমরা বলি অভিকর্ষ বল। মাধ্যাকর্ষণ বলের জন্য পৃথিবী সূর্যকে কেন্দ্র করে ঘোরে এবং চাঁদ পৃথিবীকে কেন্দ্র করে ঘোরে। এই বলের মান বস্তু দুটির ভর ও এদের মধ্যবর্তী দূরত্বের ওপর নির্ভর করে। বস্তুর ভর যত বাড়ে, এই বলের মান তত বাড়ে, কিন্তু বস্তু দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব যত বাড়ে, এই বলের মান দূরত্বের বর্গের অনুপাতে কমে। মাধ্যাকর্ষণ বল সবসময়ই আকর্ষণধর্মী।

খ. চৌম্বক বল: চুম্বক পেরেক, আলপিন ও লোহা বা স্টিলের তৈরি অন্যান্য বস্তুকে আকর্ষণ করে। দুটি দন্ড চুম্বককে কাছাকাছি আনলে এরা পরস্পরকে আকর্ষণ বা বিকর্ষণ করে। সুতরাং চুম্বকের আকর্ষণ ও বিকর্ষণ করার ক্ষমতা আছে। **দুটি চুম্বককে কাছাকাছি আনলে এরা পরস্পরের প্রতি যে বল প্রয়োগ করে এবং কোনো চুম্বক অন্য কোনো চৌম্বক পদার্থে (লোহা, নিকেল, কোবাল্ট, স্টিল ইত্যাদি) যে বল প্রয়োগ করে, তাকে চৌম্বক বল বলে।** এই বল আকর্ষণ ও বিকর্ষণ উভয়ধর্মী হতে পারে।

গ. তাড়িতচৌম্বক বল: দুটি আহিত (চার্জযুক্ত) কণিকার মধ্যে যে বল ক্রিয়াশীল তাকে তাড়িতচৌম্বক বল বলে।

তাড়িতচৌম্বক বল কণিকা দুটির আধানের গুণফলের সমানুপাতিক এবং এদের মধ্যবর্তী দূরত্বের বর্গের ব্যাস্তানুপাতিক। এই বল আকর্ষণ ও বিকর্ষণ উভয়ধর্মী হতে পারে। তাড়িত চৌম্বক বল পরমাণুর গড়ন, রাসায়নিক বিক্রিয়া ও অন্যান্য তাড়িতচৌম্বক ঘটনাকে নিয়ন্ত্রণ করে।

ঘ. দুর্বল নিউক্লিয় বল: এই বল তাড়িতচৌম্বক বলের চেয়ে $১০^{১০}$ গুণ দুর্বল। মৌলকণিকা লেপটন ও হার্ডনের ক্ষয়প্রাপ্তিতে এই বল কাজ করে। কোনো কণিকা ও নিউক্লিয়াসের বিটাক্ষয়ের জন্য এই বল দায়ী।

ঙ. শক্তিশালী নিউক্লিয় বল: আমরা জানি, সকল পদার্থ পরমাণু দিয়ে গড়া। পরমাণুর কেন্দ্রে থাকে নিউক্লিয়াস এবং একে কেন্দ্র করে ঘোরে ইলেকট্রন। নিউক্লিয়াসে থাকে প্রোটন ও নিউট্রন। এদের বলা হয় নিউক্লিয়ন। যে শক্তিশালী আকর্ষণ বল নিউক্লিয়নগুলোর মধ্যে কাজ করে এবং নিউক্লিয়াসকে আটকে বা ধরে রাখে তাকে শক্তিশালী নিউক্লিয় বল বলে। এই বলের পাল্লা অতি ক্ষুদ্র, নিউক্লিয়াসের বাইরে কাজ করে না। তবে এই বল তড়িত চৌম্বক বলের চেয়ে ১০০ গুণ শক্তিশালী। এই বল আকর্ষণধর্মী।

বলের পরিমাপ ও নিউটনের দ্বিতীয় গতিসূত্র

আমরা জেনেছি, বস্তুর গতির অবস্থার পরিবর্তন করতে হলে অর্থাৎ স্থির বস্তুকে গতিশীল করতে হলে বা গতিশীল বস্তুর গতির পরবর্তন করতে হলে তথা তার দ্রুতি বাড়াতে বা কমাতে হলে কিংবা গতির দিক পরিবর্তন করতে হলে বল প্রয়োগ করতে হবে। বস্তুর জড়তা থাকার কারণে এ বল প্রয়োগ করতে হয়। যে বস্তুর জড়তা যত বেশি, তার অবস্থা পরিবর্তনের জন্য তত বেশি বল দিতে হবে। আর যেহেতু জড়তার পরিমাপ হচ্ছে ভর, সুতরাং যে বস্তুর ভর যত বেশি হবে তার ওপর প্রযুক্ত বলও তত বেশি হবে। আবার একই ভরের দুটি বস্তুর বেগের পরিবর্তন ঘটাতে তথা ত্বরণ সৃষ্টি করতে কী সমান বল লাগবে? যে বস্তুর ত্বরণ যত বেশি হবে তার ক্ষেত্রে তত বেশি বলের প্রয়োজন হবে। সুতরাং দেখা যাচ্ছে, বল বস্তুর ভর ও ত্বরণ উভয়ের ওপর নির্ভর করে।

বস্তুর ভর ও ত্বরণের গুণফল দ্বারা বল পরিমাপ করা হয়। সুতরাং,

বল = ভর × ত্বরণ

নিউটনের দ্বিতীয় সূত্রটি হলো, **বস্তুর ভরবেগের পরিবর্তনের হার প্রযুক্ত বলের সমানুপাতিক**। এই সূত্র থেকে আমরা বলের পরিমাপ করতে পারি।

বস্তুর ভরবেগ হলো, ভর ×বেগ। ভরবেগের পরিবর্তনের হার = ভর×বেগের পরিবর্তনের হার = ভর ×ত্বরণ কারণ, বেগের পরিবর্তনের হার হলো ত্বরণ। সুতরাং নিউটনের দ্বিতীয় সূত্র থেকে আমরা পাই,

বল = ভর × ত্বরণ

পদার্থবিজ্ঞানে বলকে F, ভরকে m এবং ত্বরণকে a দিয়ে নির্দেশ করা হয়।

সুতরাং, $F=ma$

যেহেতু বলের মান ও দিক উভয়ই আছে, তাই বল একটি ভেক্টর রাশি।

বলের একক নিউটন। **যে পরিমাণ বল এক কিলোগ্রাম ভরের কোনো বস্তুর ওপর প্রযুক্ত হয়ে এক মিটার/সেকেন্ড^2 ত্বরণ সৃষ্টি করে তাকে এক নিউটন বলে।**

সমস্যা : ১০.১ একটি বস্তুর ভর ২০ কেজি। এর ওপর একটি বল প্রযুক্ত হওয়ায় এর ত্বরণ হলো ২ মি/সে$^{-২}$। প্রযুক্ত বলের মান কত ছিল ?

সমাধান ঃ

আমরা জানি,

$F = ma$

= ২০ কেজি × ২ মি/সে$^{-২}$

= ৪০ নিউটন

উত্তর : ৪০ নিউটন

এখানে,

বস্তুর ভর, m = ২০ কেজি

ত্বরণ, a = ২ মি/সে$^{-২}$

বল, F = ?

ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া বল

অনেককে আমরা রাগ করে টেবিলে জোরে ঘুষি বা থাপ্পড় মারতে দেখি। তাতে টেবিলের যাই হোক না কেন তিনি কিন্তু হাতে ব্যথা পান। কেন? আসলে তিনি যখন টেবিলে বল প্রয়োগ করেন, টেবিলও তাকে একটি বল প্রয়োগ করে। প্রকৃতিতে বল জোড়ায় জোড়ায় ক্রিয়া করে। যদি A বস্তু B বস্তুর ওপর বল প্রয়োগ করে তা হলে B বস্তুও A বস্তুর ওপর একটি বল প্রয়োগ করে।

কাজ–১০.৪ : একটি ভারী টেবিলের সামনে একটি চেয়ারে বস। তোমার দিকে টেবিলটিকে টানতে চেষ্টা কর। টেবিলটি খুব বেশি ভারী বলে তুমি হয়তো এটাকে তোমার দিকে গতিশীল করতে পারবে না, কিন্তু তোমার চেয়ারের কী হলো? চেয়ারটি টেবিলের দিকে চলে যাচ্ছে। এটি কেন ঘটে? টেবিলের ওপর তোমার প্রযুক্ত টানা বলের ফলে চেয়ারের ওপর একটি বিপরীতমুখী বলের সৃষ্টি হয়, যা চেয়ারটিকে টেবিলের দিকে গতিশীল করে।

কাজ–১০.৫ : একটি শক্ত রাবার ব্যান্ড নাও। দুই হাতের দুই আঙ্গুল দিয়ে একে যথাসম্ভব প্রসারিত করে রাখ। কিছুক্ষণ পর দেখবে তোমার আঙ্গুলগুলোতে ব্যথা করছে। আঙ্গুলের যে স্থানগুলোতে রাবার ব্যান্ড স্পর্শ করেছে, সেখানে চামড়া কিছুটা বিকৃত (কুচকে গেছে) হয়ে গেছে। কেন ? তুমি রাবার ব্যান্ডকে টান টান করার অর্থ এর আকৃতি পরিবর্তন করার জন্য বল প্রয়োগ করেছ। এর ফলে রাবার ব্যান্ডও তোমার আঙ্গুলকে বিকৃত করার অর্থাৎ এর আকৃতি পরিবর্তন করার জন্য কিছু একটা করছে।

উপযুক্ত কাজ থেকে আমরা দেখতে পাই, যখনই আমরা কোনো বল প্রয়োগ করি, তখনই তার ফলে একটি বিপরীতমুখী বলের উদ্ভব হয়। বল দুটির একটিকে আমরা ক্রিয়া বলি, অপরটিকে বলি প্রতিক্রিয়া। স্যার আইজ্যাক নিউটন বলেছেন যে, এ ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া সর্বদা সমান ও বিপরীতমুখী। তিনি তার গতিবিষয়ক তৃতীয় সূত্রে বলেছেন **'প্রত্যেক ক্রিয়ারই একটি সমান ও বিপরীত প্রতিক্রিয়া আছে'।**

ক্রিয়া–প্রতিক্রিয়া বল সবসময়ই দুটি ভিন্ন বস্তুর ওপর ক্রিয়া করে–কখনোই একই বস্তুর ওপর ক্রিয়া করে না। প্রতিক্রিয়া বলটি ততক্ষণই থাকবে যতক্ষণ পর্যন্ত ক্রিয়া বলটি থাকবে। ক্রিয়া থেমে গেলে প্রতিক্রিয়াও থেমে যাবে। এ ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া বলদ্বয় বস্তুগুলোর স্থিরাবস্থায় বা গতিশীল অবস্থায় বা সাম্যাবস্থায় থাকা বা একে অপরের সংস্পর্শে থাকা বা না থাকার ওপর নির্ভরশীল নয়–সর্বত্রই বর্তমান থাকে।

ক্রিয়া–প্রতিক্রিয়ার কয়েকটি উদাহরণ

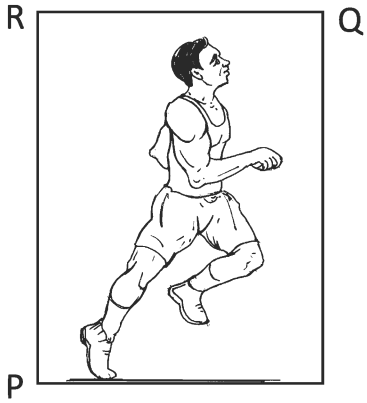
ক্রিকেটার যখন ব্যাট দিয়ে বলকে আঘাত করেন, তখন ব্যাটটি ক্রিকেট বলের ওপর একটি বল প্রয়োগ করে। এটি ক্রিয়া। ক্রিকেট বলটিও ব্যাটের ওপর একটি বিপরীতমুখী বল প্রয়োগ করে। এটি প্রতিক্রিয়া।

টেবিল এবং টেবিলের ওপর বইয়ের অবস্থান : কোন বইকে টেবিলের ওপর রাখা হলে, বইয়ের ওপর পৃথিবীর আকর্ষণ বল তথা বইটির ওজন খাড়া নিচের দিকে ক্রিয়া করে। বইটির ওপর যদি কেবলমাত্র তার ওজন কাজ করত অন্য কোনো বল ক্রিয়া না করত, তাহলে বইটি সাম্যাবস্থায় থাকত না বরং টেবিলের মধ্য দিয়ে নিচে চলে যেত। কিন্তু তা হচ্ছে না। কারণ পথিমধ্যে টেবিল আছে এবং বইটি টেবিলের ওপর তার ওজনের সমান বল প্রয়োগ করছে। ফলে টেবিলটিও একটি প্রতিক্রিয়া বলে বইকে উপরের দিকে ঠেলছে।

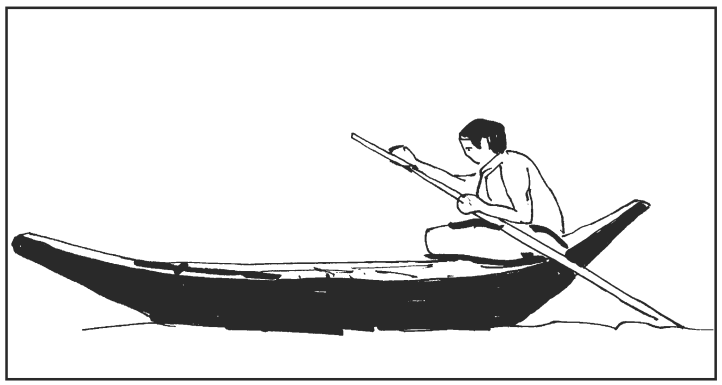
ভূমির ওপর দাঁড়ানো ঃ তুমি যখন ভূমির ওপর দাঁড়াও, তখন তোমার পা ভূমির ওপর তোমার ওজনের সমান বল প্রয়োগ করে। এ বল ভূমির ওপর তোমার ওজনের ক্রিয়া। যতক্ষণ পর্যন্ত তুমি স্থিরভাবে দাঁড়িয়ে থাকবে ততক্ষণ পর্যন্ত ভূমিও সমান বলে তোমার পা–কে খাড়া উপরের দিকে ঠেলবে। ভূমির এ বল হলো প্রতিক্রিয়া। এ অবস্থায় ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া বল পরস্পরের সমান ও বিপরীত হবে।

হাঁটা : হাঁটার সময় আমরা সামনের পা দ্বারা মাটিতে খাড়াভাবে বল দেই আর পেছনের পা দ্বারা তির্যকভাবে PQ বরাবর মাটিতে বল দেই। এ বলের প্রতিক্রিয়া স্বরূপ ভূমি PR বরাবর বল প্রদান করে (চিত্র : ১০.৭)। এ প্রতিক্রিয়া বলের আনুভূমিক উপাংশ আমাদেরকে সামনের দিকে এগিয়ে নেয় আর উল্লম্ব উপাংশ শরীরের ওজন বহনে সহায়তা করে।

নৌকা চালানো : একজন মাঝি যখন নৌকা চালানোর সময় বাঁশের লগি দিয়ে ভূমিতে ধাক্কা দেন তখন ভূমিও লগির ওপর সমান ও বিপরীত প্রতিক্রিয়া বল প্রয়োগ করে। এ প্রতিক্রিয়া বলের অনুভূমিক উপাংশই নৌকাকে এগিয়ে নিয়ে যায় (চিত্র : ১০.৮)।

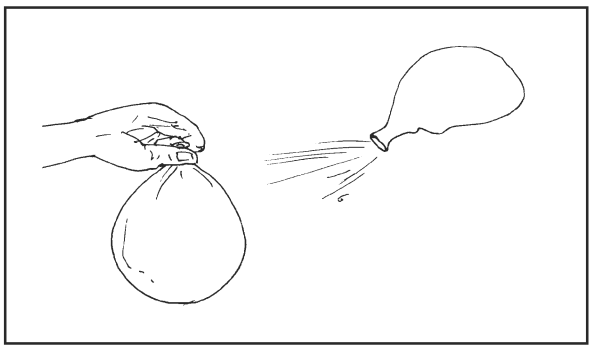


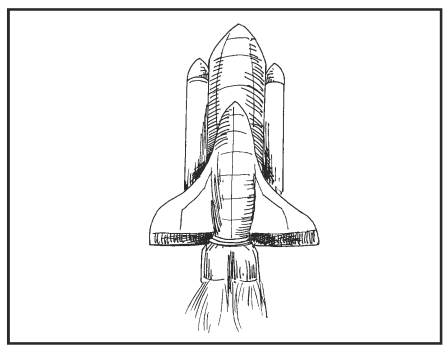
চিত্র–১০.৭


চিত্র–১০.৮

কাজ–১০.৬ : একটি বেলুন নিয়ে একে ভালোভাবে ফোলাও। হাত দিয়ে শক্ত করে মুখ বন্ধ করে ধরে রাখ। এর পর হঠাৎ হাত ছেড়ে দাও। (চিত্র : ১০.৯)। কী দেখলে?

ফোলানো বেলুনের মধ্যস্থিত বাতাস এর ওপর বল প্রয়োগ করে। এ বল হল ক্রিয়া। এ বলের ফলে খোলা মুখ দিয়ে বাতাস বের হয়ে যায়। বাতাসও বেলুনের ওপর সমান প্রতিক্রিয়া বল প্রয়োগ করে। ফলে বাতাস যে দিকে বেরিয়ে যায় বেলুন তার বিপরীত দিকে গতিশীল হয়।


চিত্র–১০.৯


চিত্র–১০.১০

আধুনিক জেট বিমান, রকেট ইত্যাদিও চালানো হয় নিউটনের তৃতীয় সূত্র তথা ক্রিয়া–প্রতিক্রিয়া বলের ওপর ভিত্তি করে। রকেটে জ্বালানি পুড়িয়ে প্রচুর গ্যাস উৎপন্ন করা হয়। রকেট সেই গ্যাসের ওপর বল প্রয়োগ করে। এ বল হচ্ছে ক্রিয়া। এ ক্রিয়ার ফলে গ্যাস প্রচন্ড বেগে রকেটের পেছন দিয়ে নির্গত হওয়ার সময় জ্বালানি ও রকেটের ওপর সমান ও বিপরীত প্রতিক্রিয়া বল প্রয়োগ করে। ফলে রকেটটি জ্বালানির বিপরীত দিকে এগিয়ে চলে। (চিত্র: ১০.১০)

অনুশীলনী

বহুনির্বাচনি প্রশ্ন

১. গাছ থেকে একটি ফল মাটিতে পড়ল- এটি কোন বলের উদাহরণ?

ক. মহাকর্ষ বল খ. চৌম্বক বল

গ. তড়িত চৌম্বক বল ঘ. দুর্বল নিউক্লিয় বল

২. বল-

i. বস্তুর দিক অপরিবর্তিত রাখে

ii. বস্তুর আকৃতি পরিবর্তন করে

iii. স্থির বস্তুকে গতিশীল করে

নিচের কোনটি সঠিক?

ক. i ও ii খ.i ও iii

গ. ii ও iii ঘ. i, ii ও iii

নিচের অনুচ্ছেদটি পড়ে ৩ ও ৪ নং প্রশ্নের উত্তর দাও :

2 N বলে একটি বস্তুকে 4 মি/সে^{2} ত্বরণে মেঝেতে ছুড়ে দেওয়া হলো। বস্তুটি কিছুদূর যাওয়ার পর থেমে গেল।

৩. বস্তুর ভর কত?

ক. 200 gm খ. 400 gm

গ. 500 gm ঘ. 750 gm

৪. কোন বলের কারণে বস্তুটি থেমে গেল?

ক. ঘর্ষণ বল খ. মহাকর্ষ বল

গ. চৌম্বক বল ঘ. তড়িত চৌম্বক বল

সৃজনশীল প্রশ্ন

১. স্বপ্না বাসে কুষ্টিয়া থেকে ঢাকা যাচ্ছিল। বাসটির ভর ছিল 1400 kg এবং এটি 4 মি/সে^{2} ত্বরণে চলছিল। চলন্ত বাসটিতে হঠাৎ ড্রাইভার ব্রেক চাপলে স্বপ্নাসহ যাত্রীরা সামনের দিকে ঝুঁকে পড়ল। আবার বাসটি যখন চলতে শুরু করল তখন তারা পিছনের দিকে হেলে পড়লো।

ক. স্পর্শ বল কাকে বলে?
খ. বল বলতে কী বুঝায়?
গ. বাসটির ওপর ক্রিয়াশীল বলের মান নির্ণয় কর।
ঘ. যাত্রীরা প্রথমে সামনের দিকে ঝুঁকে পড়লেও পরবর্তীতে পিছনে হেলে পড়ার কারণ বিশ্লেষণ কর।

২. তূর্য দৈনন্দিন জীবনের বিভিন্ন ঘটনা নিয়ে পরীক্ষা-নিরীক্ষা করে থাকে। একদিন সে বাসায় একটি ভারী টেবিলের সামনে চেয়ারে বসে টেবিলকে টানতে শুরু করলো। কিন্তু চেয়ারসহ সে নিজেই টেবিলের দিকে সরে গেল। পরদিন সে একটি মার্বেলকে রুমের মসৃণ মেঝেতে নির্দিষ্ট বলে গড়িয়ে দিল। এরপর বাসার বাইরে পিচের রাস্তায় একই মার্বেলকে একই বলে গড়িয়ে দিল। তখন এটি তার চেয়ে কম দূরত্ব অতিক্রম করলো।

ক. নিউটনের গতিবিষয়ক দ্বিতীয় সূত্রটি কী?
খ. জড়তা বলতে কী বুঝায়?
গ. চেয়ারসহ তূর্য টেবিলের দিকে সরে আসলো কেন? ব্যাখ্যা কর।
ঘ. মার্বেলটির দুইটি স্থানে অতিক্রান্ত দূরত্ব ভিন্ন হওয়ার কারণ বিশ্লেষণ কর।